

EXPOSURE SYSTEM AND DEVICE MANUFACTURING METHOD

Publication number: JP2001284228 (A)

Publication date: 2001-10-12

Inventor(s): SHIOZAWA TAKANAGA +

Applicant(s): CANON KK +

Classification:

- international: **G02B27/28; G03F7/20; H01L21/027; G02B27/28; G03F7/20; H01L21/02; (IPC1-7): G02B27/28; G03F7/20; H01L21/027**

- European: **G03F7/20T12; G03F7/20T14**

Application number: JP20000097068 20000331

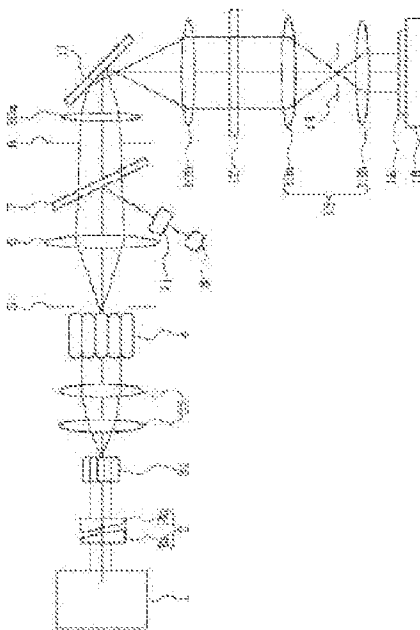
Priority number(s): JP20000097068 20000331

Also published as:

JP3927753 (B2)
US2001052968 (A1)
US6636295 (B2)

Abstract of JP 2001284228 (A)

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an exposure system which is capable of accurately controlling light exposure to reduce unevenness of illuminance and exposure. **SOLUTION:** A laser beam emitted from an excimer laser 1 is depolarized by a depolarizing unit 2, and the depolarized laser beam is split with a fly-eye lens 31 into laser beams which contain beams different from each other in polarization, the laser beams containing beams different from each other in polarization are made to overlap with each other on the surface of an optical integrator 4 on which light is incident, and light rays impinging on the rod lenses of the optical integrator 4 are sufficiently depolarized to be identical to each other in polarization,; by which light beams sufficiently depolarized and identical to each other in polarization are supplied from the optical integrator 4 to a lower optical system that comprises a beam splitter 7, a light volume detector 8, and a reflecting mirror 11.



Data supplied from the **espacenet** database — Worldwide

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	ターマート* (参考)
H 0 1 L 21/027		G 0 2 B 27/28	Z 2 H 0 9 9
G 0 2 B 27/28		G 0 3 F 7/20	5 2 1 5 F 0 4 6
G 0 3 F 7/20	5 2 1	H 0 1 L 21/30	5 1 5 D

審査請求 有 請求項の数 6 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願2000-97068 (P2000-97068)

(22) 出願日 平成12年3月31日 (2000. 3. 31)

(71) 出願人 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(72) 発明者 塩澤 崇永

東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤノ
ン株式会社内

(74) 代理人 100090538

弁理士 西山 恵三 (外1名)

Fターム (参考) 2H099 AA11 BA09 CA05

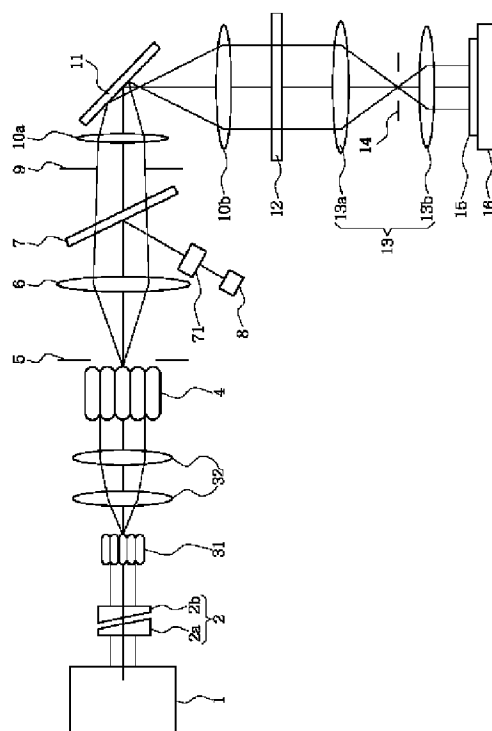
5F046 BA04 BA05 CA04 CB02 CB13

(54) 【発明の名称】 露光装置及びデバイス製造方法

(57) 【要約】

【課題】 正確に露光量制御が行え、照度むらや露光むらを軽減できる露光装置を提供すること。

【解決手段】 エキシマレーザ1からのレーザ光を偏光解消ユニット2により偏光解消し、この偏光解消したレーザ光をフライアイレンズ31により波面分割することにより互いに偏光状態が異なる複数の光を含む複数の光を形成し、この互いに偏光状態が異なる複数の光を含む複数の光をレンズ系32によってオプティカルインテグレータ4の光入射面上で重ね、オプティカルインテグレータ4の各棒状レンズに入射する光をそれぞれが十分に偏光解消されていて且つ互いに偏光状態が同じとすることで、オプティカルインテグレータ4から十分に偏光解消されていて且つ互いに偏光状態が同じ複数の光をビームスプリッタ7と光量検出手段8や折り曲げミラー11を含む下流の光学系に供給する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 レーザからの光を用いて形成した複数の光束によりマスクを照明して該マスクのパターンで基板を露光する露光装置において、前記複数の光束のそれぞれを実質的に無偏光化（偏光解消）する手段を有することを特徴とする露光装置。

【請求項2】 マスクのパターンで基板を露光する露光装置において、光源からの偏光光を光軸に直交する断面内で偏光状態が変化している光に変換し、この光を複数の光に波面分割し、オプティカルインテグレータの光入射面上に重ね合わせ、前記オプティカルインテグレータからの複数の光束により前記マスクを照明することを特徴とする露光装置。

【請求項3】 マスクのパターンで基板を露光する露光装置において、光源からの偏光光の偏光を解消する偏光解消手段と、該偏光解消手段からの光を複数の光に波面分割し、オプティカルインテグレータの光入射面上に重ねる第1の光学系と、前記オプティカルインテグレータからの複数の光束により前記マスクを照明する第2の光学系とを有することを特徴とする露光装置。

【請求項4】 マスクのパターンで基板を露光する露光装置において、光源からの偏光光の偏光を円偏光又は楕円偏光に変換する偏光変換手段と、該偏光変換手段からの光を複数の光に波面分割し、オプティカルインテグレータの光入射面上に重ねる第1の光学系と、前記オプティカルインテグレータからの複数の光束により前記マスクを照明する第2の光学系とを有することを特徴とする露光装置。

【請求項5】 前記オプティカルインテグレータの下流に光量検出用のビームスプリッタ及び／又は光路変更用の折り曲げミラーを有することを特徴とする請求項1又は請求項2又は請求項3又は請求項4に記載の露光装置。

【請求項6】 請求項1又は請求項2又は請求項3又は請求項4又は請求項5に記載の露光装置によりデバイスパターンでウエハを露光する段階と、該露光したウエハを現像する段階とを含むことを特徴とするデバイス製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は露光装置、特にICやLSI等の半導体デバイスやCCD等の撮像デバイスや液晶パネル等の表示デバイスや磁気ヘッド等のデバイスを製造するために使用される露光装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 従来よりIC、LSI等の半導体素子製造用の投影露光装置においては、半導体素子の高集積化に伴い、ウエハ面上での最小線幅が $0.2\mu\text{m}$ 以下という非常に高い光学性能が要求されている。

【0003】 一般にレチクル面上の回路パターンを投影光学系を介してウエハ面（投影面＝像面）上に投影する

際、回路パターンの解像線幅は露光光の波長（ λ ）や投影光学系の開口数（NA）等と共に投影面上における照度分布の均一性の良否が大きく影響している。

【0004】 特に最小線幅が $0.2\mu\text{m}$ 以下ということになると、露光用の光源としてはKrFエキシマレーザー（ $\lambda=248\text{nm}$ ）やArFエキシマレーザー（ $\lambda=193\text{nm}$ ）などが候補に挙げられるが、このようなレーザーを用いた露光装置の投影面上での照度分布の均一性は約1%程度以内が要望されている。

【0005】 図8は従来の投影露光装置の光学系の要部概略図である。

【0006】 同図において、エキシマレーザー1からのレーザー光束（パルス光）は、ビーム整形光学系3により所望の形状に整形され、微小レンズを2次元的に配列したオプティカルインテグレータ4の光入射面に入射し、そこで分割及び集光されてオプティカルインテグレータ4の光射出面近傍に複数の2次光源を形成している。この光射出面近傍に形成した複数の2次元光源からの各発散光束はコンデンサーレンズ6で集光され、被照射面に存在するレチクル12の回路パターン面と光学的に共役な位置に配置された視野絞り9の開口をそこに互いに重なり合って照明する。

【0007】 視野絞り9からの複数の光束はレンズ10a、折り曲げミラー11、レンズ10bを介してレチクル12の同一領域（回路パターン）を照明する。レンズ10a、とレンズ10bとは結像レンズ系を成しており、均一な光強度分布を持つ絞り9の開口の像をレチクル12の回路パターン上に投影する。

【0008】 こうして照明されたレチクル12の回路パターンは、投影光学系13によりXYZステージ16上に保持されたウエハ15上に縮小投影され、この回路パターンの縮小像によりウエハ15のレジストが露光される。XYZステージ16は光軸（Z）方向とこの方向に直交する2（X、Y）方向に移動可能である。光学系13はレンズ系13aとレンズ系13bの間に開口絞り14を有し、この絞り14が光学系13の瞳の位置、形、大きさ（径）を定める。

【0009】 5は照明光学系の開口絞りであり、上述の複数の2次光源から成る有効光源の大きさ及び形状を定める開口を持つ。この絞り5の開口はレンズ6とレンズ10a、10bとレンズ13aから成る結像レンズ系により開口絞り14の開口即ち瞳面に結像する。

【0010】 7は誘電体膜が形成された若しくは誘電体膜が形成されていないガラス板より成るビームスプリッタであり、このガラス板7は、レンズ6と視野絞りの間に光軸に対し斜設され、インテグレータ4からの複数の光束のそれぞれの一部の光を反射してこれらの光を光量検出手段8に入射させる。光量検出手段8が検出する各パルス光の光量からウエハ15に順次入射する複数のパルス光のそれぞれの光量が得られるので、これらの光量

(データ)を使ってウエハ15のレジストに対する露光量を制御する。

【0011】101は $\lambda/4$ 板であり、 $\lambda/4$ 板101は、図9に示すように、エキシマレーザ1からの直線偏光レーザ光の偏光方向(y方向)に対し45度を成す方向に結晶軸を向けた複屈折板であり、このレーザ光の直線偏光を円偏光に変換する。

【0012】従来は、図8に示す光学系を組んでいれば、エキシマレーザ1からのレーザ光の偏光方向が少々変動しても、 $\lambda/4$ 板101の偏光変換作用により、ガラス板7には常にレーザ光の紙面に平行な偏光成分(P偏光光)と紙面に垂直な偏光成分(S偏光光)の強度が略等しくなる略円偏光の光が入射してガラス板7を透過する光(ウエハ15を露光する光)とガラス板7で反射する光(光量検出手段8に入射する光)の光量比がほぼ一定に維持できると言われていた。

【0013】

【発明が解決しようとする課題】図10はインテグレート4の実際の組立工程を示す図である。図10(A)はインテグレート4の光軸を含む断面についての断面図で、図10(B)はインテグレート4の光軸と直交する断面についての断面図である。図10(A)に示す通りインテグレート4は両端に凸球面を持つ棒状レンズの集合であり、図10(B)に示すとおり、複数の両端に凸球面を持つ棒状レンズを積層して2方向から押し付けて接着、固定することでインテグレート4が組み立てられる。

【0014】この組立工程においてインテグレート4の各棒状レンズはその径方向に力を受けて歪むので、各棒状レンズは互いに異なる複屈折性を持っており、しかも各棒状レンズの内部でも場所によって複屈折性が異なっている。このため、図8に示した装置では、インテグレート4に入射する時のレーザ光は円偏光であっても、インテグレート4から出射する時には円偏光ではなく、しかもインテグレート4の各棒状レンズから出る光束は互いに偏光状態が違うことになる。

【0015】このため、図8の装置でも、エキシマレーザ1からの直線偏光光のレーザ光の偏光方向の変動とビームスプリッタであるガラス板7の反射率(透過率)の偏光依存性に起因して、ガラス板7を透過する光(ウエハ15を露光する光)とガラス板7で反射する光(光量検出手段8に入射する光)の光量比が必要な範囲内で一定に維持できず、常に正確に露光制御を行えないという問題があった。

【0016】また、各棒状レンズの入射面はウエハ面15と光学的に共役である。各棒状レンズの中で複屈折性が違うため、ガラス板7やミラー11の偏光透過率特性により、照度ムラが発生してしまうという問題もある。また露光に伴ってレーザ光の偏光状態や棒状レンズ及び各光学系の複屈折性が変動した場合、発生する照度ムラも変わってしまうという問題もある。これらの問題は2

／4板のかわりに単純に偏光解消板を用いただけの場合でも、依然残ってしまう。

【0017】本発明の目的は、上述の問題を軽減することができる露光装置を提供することにある。

【0018】

【課題を解決するための手段】本発明はレーザからの光を用いて形成した複数の光束によりマスクを照明して該マスクのパターンで基板を露光する露光装置において、前記複数の光束のそれぞれを実質的に無偏光化(偏光解消)する手段を有することにより上記目的を達成しようとするものである。

【0019】本発明のマスクのパターンで基板を露光する露光装置は、光源からの偏光光を光軸に直交する断面内で偏光状態が変化している光に変換し、この光を複数の光に波面分割し、オプティカルインテグレート4の光入射面上に重ね合わせ、前記オプティカルインテグレート4からの複数の光束により前記マスクを照明することを特徴とする。

【0020】本発明のマスクのパターンで基板を露光する他の露光装置は、光源からの偏光光の偏光を解消する偏光解消手段と、該偏光解消手段からの光を複数の光に波面分割し、オプティカルインテグレート4の光入射面上に重ねる第1の光学系と、前記オプティカルインテグレート4からの複数の光束により前記マスクを照明する第2の光学系とを有することを特徴とする。

【0021】これらの露光装置は、オプティカルインテグレート4の下流(レーザのある側と反対側)に光量検出用のビームスプリッタ(ガラス板)及び／又は光路変更用の折り曲げミラーを配していても、偏光解消手段からの光を複数の光に波面分割し、オプティカルインテグレート4の光入射面上に重ねるので、オプティカルインテグレート4からの複数の光束をそれぞれ十分に偏光解消された光束とすることができ、上述の問題を軽減することが可能になる。

【0022】本発明のマスクのパターンで基板を露光する別の露光装置は、光源からの偏光光の偏光を円偏光又は楕円偏光に変換する偏光変換手段と、該偏光変換手段からの光を複数の光に波面分割し、オプティカルインテグレート4の光入射面上に重ねる第1の光学系と、前記オプティカルインテグレート4からの複数の光束により前記マスクを照明する第2の光学系とを有することを特徴とする。

【0023】この別の露光装置も、オプティカルインテグレート4の下流に光量検出用のビームスプリッタ(ガラス板)及び／又は光路変更用の折り曲げミラーを配していても、偏光解消手段からの光を複数の光に波面分割し、オプティカルインテグレート4の光入射面上に重ねるので、オプティカルインテグレート4からの複数の光束をそれぞれ十分に偏光解消された光束とすることができ、上述の問題を軽減することが可能になる。ただし、先に

説明した本発明の各露光装置に比べると効果は劣る。

【0024】また、本発明のデバイス製造方法は、本発明の上記露光装置によりデバイスパターンでウエハを露光する段階と、該露光したウエハを現像する段階とを含むことを特徴とする。

【0025】

【発明の実施の形態】図1は本発明の第一実施形態を示す概略図である。図1に示す装置は図8の装置を改良したものであり、図中、図8の装置と同じ部材には図8と同じ符号を付してある。

【0026】図1に示す装置は、ステップアンドリピート及び／又はステップアンドスキャン方式によりウエハ上の複数のショット領域のそれぞれにマスク（レチクル）のデバイスパターンを順次縮小投影する投影露光装置である。フォトリソグラフィーを用いるデバイス製造工程においては、図1の露光装置によりデバイスパターンで各ショット（のレジスト）が露光されたウエハは、現像液で現像されてレジストマスクが形成され、このレジストマスクを介してエッチングを受ける。

【0027】図1において、1は直線偏光或いは別の偏光の紫外線レーザ光を発するエキシマレーザであり、レーザ1は、発振波長約248nmのKrFエキシマレーザ、発振波長約193nmのArFエキシマレーザ、発振波長約157nmのF2エキシマレーザなどから成り、発振器（共振器）内部の回折格子等の分光素子の狭帯域化により1pm前後或いは1pmより狭い半値幅の発光スペクトルを有する。

【0028】2は偏光解消ユニットであり、2aは光軸を含む断面がくさび型の偏光解消板であり、複屈折性を持つ透明材料より成る。2bは、偏光解消板2aのくさび形状の影響で変化する光軸の向きを補正するための光軸を含む断面がくさび型の透明部材であり、この部材2bは複屈折性を持たない材料より成る。

【0029】尚、図2（b）に示すように、場合によりくさび型の透明部材2bを用いない形態も採れる、この場合も偏光解消板2aにより偏向された光軸（レーザ光）のその後段の光学系の光軸とは一致させる必要がある。

【0030】図3に偏光解消板2aの構成を、図4に偏光解消板2aの機能を示す。図3に示す通り、偏光解消板2aは、その結晶軸の方向が、エキシマレーザ1からの直線偏光レーザ光の偏光方向（y方向）に対して角度（例えば45度）を成しており、その厚さは光軸が貫くその中心位置を通過する光線（y方向直線偏光）が円偏光に変換されるように決めてある。

【0031】但し、偏光解消板2aの中心を通過する光線は必ず円偏光に変換する必要無く、要は偏光解消板2aに入射した光線束の偏光状態がy方向に沿って連続的又は段階的に変化して光線束全体として偏光が解消された実質的に無偏光の状態に成ればよいのである。

【0032】本第1の実施形態においては、偏光解消板2aから出た光線束は、図4右の光線束の正面図に矢印で描

いているようにy方向に沿って偏光状態が変化している。図4中、LAの範囲内では、上からy方向直線偏光→反時計回りの楕円偏光→反時計回りの円偏光→時計回りの楕円偏光→x方向の直線偏光→時計回りの楕円偏光→時計回りの円偏光→y方向の直線偏光と連続的に変化しており、このLAの範囲内の偏光状態の変化がy方向に沿って繰り返される。

【0033】この繰り返しの回数は偏光解消板2aのくさび角 $\theta 1$ と厚さとレーザ光のビーム径に依存して決まり、必要な偏光解消の度合いに応じてのくさび角 $\theta 1$ と厚さを決める。十分な偏光解消効果を得るには、5回以上繰り返しのあることが好ましい。

【0034】以上説明したように偏光解消板2aは入射した直線偏光レーザ光を光軸に直交する断面内でその偏光状態が連続的又は段階的に変化している光に変換して偏光を解消する。

【0035】尚、偏光解消板の構成や機能については、日本の特公平3-46802号公報に詳しく説明されていることを付言しておく。

【0036】偏光解消ユニット2からの偏光が解消されたレーザ光は第1のフライアイレンズ31に入射する。このフライアイレンズ31もオブティカルインテグレートであり、フライアイレンズ31とレンズ系32とによってオブティカルインテグレート4（第2のフライアイレンズ）を均一な照度分布で照明する。

【0037】この時、偏光解消ユニット2からの偏光が解消されたレーザ光はフライアイレンズ31により波面分割されて互いに偏光状態が異なる複数の光を含む複数の光となってフライアイレンズ31から出射し、この互いに偏光状態が異なる複数の光はレンズ系32によってオブティカルインテグレート4の光入射面上で重なり合うので、オブティカルインテグレート4の各部分（各棒状レンズ）に入射するレーザ光はそれぞれが十分に偏光解消されていて且つ互いに偏光状態が同じになる。

【0038】従って、オブティカルインテグレート4から即ち複数の2次光源から出射する複数のレーザ光束もそれぞれが十分に偏光解消されていて且つ互いに偏光状態が同じになる。

【0039】本実施形態のように、それぞれが十分に偏光解消されている複数のレーザ光束が複数の2次光源から出射する光学系を組んでおくと、仮にエキシマレーザ1からの直線偏光又は別の偏光のレーザ光の偏光状態が変化しても、複数の2次光源からの複数の光束の偏光状態は変化しないか、変化しても従来技術に比べてかなり小さくなる。

【0040】従って、従来技術の、ビームスプリッタであるガラス板7の反射率（透過率）の偏光依存性に起因するガラス板7を透過する光とガラス板7で反射する光の光量比が一定に維持できず光量検出手段8を用いて常に正確に露光制御を行えないという問題や、折り曲げ

ミラー11の反射率も偏光依存性があることに起因する照度むらと露光むらの発生やレーザー光の偏光状態の変化やレンズの複屈折性の変化による照度むらと露光むらの変化が生じるという問題が、軽減できる。

【0041】図1において、71は、ガラス板7で折り曲げられた光軸を含み且つ紙面内で見ても光軸に対して傾いた平行平板であり、ガラス板7の反射率（透過率）の偏光依存性に基づく露光量の検出誤差を軽減させる機能を有する。この平行平板71を用いた露光量の検出誤差を軽減技術については、本願と同一発明者による日本特許第2744274号（1998年4月28日発行）に詳しく記載されている。

【0042】因みに本第1実施形態および後述する実施形態では、ビームスプリッタであるガラス板7のP偏光成分に対する透過率をT1P、反射率をR1P、S偏光成分に対する透過率をT1S、反射率をR1S、平行平板71のP偏光成分、S偏光成分の透過率をそれぞれT2P、T2Sとした時、

$$T2P/T2S = (T1P \cdot R1S) / (T1S \cdot R1P)$$

を満足するように構成することにより、エキシマレーザー1からの偏光光の偏光状態が少々変動しても、ガラス板7で反射されて光量検出手段8で検出される光のP偏光成分とS偏光成分の強度比とガラス板7を透過した光のP偏光成分とS偏光成分の比がほぼ等しくなるようにしている。

【0043】偏光解消ユニット2とオプティカルインテグレート4及びレンズ系32により互いに偏光状態が異なる複数の光をオプティカルインテグレート4の入射面上で重ねることに加えて、この種の平行平板71を用いることにより、レーザー光の偏光状態の変動に起因する問題を確実に解消できる。

【0044】但し、本発明においては、この種の平行平板71を用いない形態を実施することもできる。

【0045】さて、図1において、視野絞り9から出たそれぞれが十分に偏光解消された複数の光束はレンズ10a、折り曲げミラー11、レンズ10bを介してレチクル12の同一領域（回路パターン）を照明する。レンズ10a、とレンズ10bとは結像レンズ系を成しており、均一な光強度分布を持つ絞り9の開口の像をレチクル12の回路パターン上に投影する。

【0046】こうして照明されたレチクル12の回路パターンは、投影光学系13によりXYZステージ16上に保持されたウエハ15上に縮小投影され、この回路パターンの縮小像によりウエハ15のレジストが露光される。XYZステージ16は光軸（Z）方向とこの方向に直交する2（X、Y）方向に移動可能である。光学系13はレンズ系13aとレンズ系13bの間に開口絞り14を有し、この絞り14が光学系13の瞳の位置と形と大きさ（径）を定める。

【0047】5は照明光学系の開口絞りであり、上述の

複数の2次光源から成る有効光源の大きさ及び形状を定める開口を持つ。この絞り5の開口はレンズ6とレンズ10a、10bとレンズ13aから成る結像レンズ系により開口絞り14の開口即ち瞳面に結像する。

【0048】7は誘電体膜が形成された若しくは誘電体膜が形成されていないガラス板より成るビームスプリッタであり、このガラス板7は、レンズ6と視野絞り9の間に光軸に対し斜設され、インテグレート4からの複数の光束のそれぞれの一部の光を反射してこれらの光を光量検出手段8に入射させる。

【0049】光量検出手段8が検出する各パルス光の光量からウエハ15に順次入射する複数のパルス光のそれぞれの光量が得られるので、これらの光量（データ）を使ってウエハ15のレジストに対する露光量を制御する。

【0050】投影光学系13は、マスク（レチクル）12及びウエハ15側の双方か或いはウエハ15側のみがテレセントリックな光学系であり、マスク12のパターンをウエハ15上に縮小投影する。光学系13は図示するようにレンズ系13a、13b及びそれらの間の開口絞り14（開口径が可変）を備える屈折系（ディオプトリック系）か、レンズ系13aとレンズ系13bの一方又は双方の代わりに凹面鏡及びレンズを備える径を用いた反射屈折系（カタディオプトリック系）である。

【0051】エキシマレーザー1が発振波長159nmのF2エキシマレーザーの場合は、光学系をヘリウムの雰囲気中に置くことで、レーザー光の強度の減衰を防止する。

【0052】また、F2エキシマレーザーを露光光源に用いる場合に投影光学系13を屈折系とする時には、複数のレンズの材料に互いにアッベ数が異なる複数の材料を使うか、レンズに加えてレンズと逆の分散を示す正の焦点距離を有する回折光学素子を用いるといい。また、投影光学系13を中間像を形成する型或いは中間像を形成しない型の反射屈折系とすると有効である。

【0053】レンズ6、10a、b、13a、b、32や透明くさび2bやガラス板7、11、71やマスク12の基板の材料としては、溶融合成石英、フッ素ドーパ溶融合成石英、螢石等が挙げられる。また、偏光解消板2aの材料は、エキシマレーザー1がKrFやArFエキシマレーザーの時には水晶等の複屈折結晶を用い、エキシマレーザー1がF2エキシマレーザーの時には波長157nmの光に対し高透過率を持つCaF₂などの部材に歪を与えて複屈折性を持たせた素子を用いる。

【0054】図5に偏光解消ユニット2の変形例を示す。図5において、2a、2cが偏光解消板であり、どちらの板も光軸とy軸を含む断面に関して但し互いに逆方向にくさび形状を有している。偏光解消板2aの結晶軸aはエキシマレーザー1からの直線偏光レーザー光の基準の偏光方向であるy軸に対して所定の角度を成し、偏光解消板2cの結晶軸bは偏光解消板2aの結晶軸aに対し45度を成してい

る。

【0055】図1～図4の偏光解消ユニット2のように偏光解消板2aだけの場合、エキシマレーザ1からの直線偏光レーザ光の偏光方向が大きく変動してレーザ光の偏光方向が偏光解消板2aの結晶軸の方向と一致もしくは直交した場合にはレーザ光の偏光を解消することができないが、図5の偏光解消ユニットは結晶軸の方向を一致も直交もさせない結晶軸の方向が互いに45度を成す一對の偏光解消板2a, 2cを用いているので、このような事はなく、エキシマレーザ1からの偏光したレーザ光の偏光を常に解消できる。

【0056】図6は本発明の第二実施形態を示す概略図である。図1の装置と同じ部材には図1と同じ符号を付し、説明を省く。

【0057】図6に示す装置も、ステップアンドリピート及び／又はステップアンドスキャン方式によりウエハ上の複数のショット領域のそれぞれにマスク（レチクル）のデバイスパターンを順次縮小投影する投影露光装置である。フォトリソグラフィを用いるデバイス製造工程においては、図1の露光装置によりデバイスパターンで各ショット（のレジスト）が露光されたウエハは、現像液で現像されてレジストマスクが形成され、このレジストマスクを介してエッチングを受ける。

【0058】図6の装置の図1の装置との違いは偏光解消ユニット2とオプティカルインテグレート4の間の光学系の構成である。

【0059】図6において、偏光解消ユニット2からの、光軸に直交する断面（波面）内で場所により偏光状態が異なる偏光解消されたレーザ光は、折り曲げミラー44により反射されて、レンズ43により内面反射型のオプティカルインテグレート41の光入射面上に集光される。このインテグレート41は、ロッド型インテグレートとも呼び、光軸に直交する断面が多角形のガラス棒や、カレイドスコープ（複数のミラーを向かい合わせて光軸に直交する断面が多角形の内面反射面を形成した、万華鏡のようなもの）より成る。

【0060】ロッド型インテグレート41に入射したレーザ光は、ロッド型インテグレート41の内面（ガラス棒の場合は側面が該当）により反射しなかった光と互多重反射を受けた複数の光と成ってロッド型インテグレート41の光出射面上に重なり合って到達するので、この光出射面の光強度分布は均一に成る。また、光出射面上に重なり合って到達する複数の光は、偏光解消ユニット2からの偏光解消されたレーザ光の波面が分割されて生じた光群であるから、ロッド型インテグレート41の光出射面に互いに偏光状態が異なる複数の光が重なり合うことになり、実質的に無偏光状態が得られる。

【0061】ロッド型インテグレート41の光出射面はレンズ系42によりオプティカルインテグレート4の光入射面上に結像される。従って、オプティカルインテグ

レート4の各部分（各棒状レンズ）に入射するレーザ光はそれぞれが十分に偏光解消されていて且つ互いに偏光状態が同じになる。

【0062】従って、オプティカルインテグレート4から即ち複数の2次光源から出射する複数のレーザ光束もそれぞれが十分に偏光解消されていて且つ互いに偏光状態が同じになり、上述の第一実施形態の露光装置と同様の効果が得られる。

【0063】図7は本発明の第三実施形態を示す概略図である。図1の装置と同じ部材には図1と同じ符号を付し、説明を省く。また、視野絞り9より下流の構成は図1の装置とまったく同じなので図示もしない。

【0064】図7に示す装置も、ステップアンドリピート及び／又はステップアンドスキャン方式によりウエハ上の複数のショット領域のそれぞれにマスク（レチクル）のデバイスパターンを順次縮小投影する投影露光装置である。フォトリソグラフィを用いるデバイス製造工程においては、図1の露光装置によりデバイスパターンで各ショット（のレジスト）が露光されたウエハは、現像液で現像されてレジストマスクが形成され、このレジストマスクを介してエッチングを受ける。

【0065】図7の装置の図1の装置との違いは偏光解消ユニット2とオプティカルインテグレート4の間の光学系の構成である。

【0066】図7において、偏光解消ユニット2からの、光軸に直交する断面（波面）内で場所により偏光状態が異なる偏光解消されたレーザ光は、オプティカルインテグレート51（第1のフライアイレンズ）により波面分割されて互いに偏光状態が異なる複数の光となってフライアイレンズ51から出射し、この互いに偏光状態が異なる複数の光はレンズ系54によってオプティカルインテグレート53の光入射面上で重なり合うので、オプティカルインテグレート53の各部分（各棒状レンズ）に入射するレーザ光はそれぞれが十分に偏光解消されていて且つ互いに偏光状態が同じになる。

【0067】オプティカルインテグレート53からのそれぞれが十分に偏光解消され且つ互いに偏光状態が同じ複数の光は、更に、オプティカルインテグレート53（第2のフライアイレンズ）により波面分割されて複数の光となってフライアイレンズ53から出射し、この複数の光はレンズ系32によってオプティカルインテグレート4（第3のフライアイレンズ）の光入射面上で重なり合うので、オプティカルインテグレート4の各部分（各棒状レンズ）に入射するレーザ光はそれぞれがより十分に偏光解消されていて且つ互いに偏光状態がかなり度合いで同じになる。

【0068】従って、オプティカルインテグレート4から即ち複数の2次光源から出射する複数のレーザ光束もそれぞれがより十分に偏光解消されていて且つ互いに偏光状態がかなりの度合いで同じになり、上述の第一実施

形態の露光装置と同様もしくはそれ以上の効果が得られる。

【0069】以上説明した第二及び第三の実施形態の装置でも第一実施形態に関して説した変形例が適用可能である。

【0070】また、各実施形態において、フライアイレンズのオブティカルインテグレータの代わりにロッド型インテグレータを使う変形例、逆にロッド型インテグレータの変わりにフライアイレンズのオブティカルインテグレータを、他の光学系を少し変更するだけで、使うことができる。従って、例えばフライアイレンズのオブティカルインテグレータを用いず、ロッド型インテグレータを2個若しくは3個以上直列に配置した形態や、エキシマレーザ1側から順にフライアイレンズのオブティカルインテグレータ、ロッド型インテグレータを配置した形態などが採れる。

【0071】エキシマレーザ1としてF2エキシマレーザを使う場合には、レーザ光の光量損失を少なくするために、上述したオブティカルインテグレータの代わりに、比較的薄い回折光学素子を用いるといい。この回折光学素子としては、単純にフライアイレンズと同じ機能を有する素子や、この素子のような波面分割機能に加え光軸に直交する断面での光強度分布や断面形状などの制御機能を加えた特殊な素子を使う。この特殊な素子は、C.G.H.により実現できる。

【0072】また、露光用光源としては、エキシマレーザではなく、銅蒸気レーザやアルゴンガスレーザと二次高調波発生素子とを組み合わせで遠紫外線を形成するものが使える。

【0073】また、以上の各実施形態や変形例において更偏光解消ユニット2の代わりに直線偏光レーザ光を円

偏光や楕円偏光に変換する $\lambda/4$ 板などを持つ偏光変換ユニットを用いても、レーザ光の偏光状態の変動に起因する問題が従来よりも軽減できる。

【0074】

【発明の効果】以上、本発明によれば、露光用光源からのレーザ光の偏光状態が変動しても、従来よりも正確に露光量制御が行えるか及び/又は従来よりも照度むらや露光むらを軽減できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第一実施形態を示す概略図である。

【図2】偏光解消ユニットを2例示す図である。

【図3】偏光解消板の機能を示す説明図である。

【図4】偏光解消板の光軸を含む断面での断面図と偏光解消の様子を示す図である。

【図5】偏光解消ユニットの変形例を示す説明図である。

【図6】本発明の第二実施形態を示す概略図である。

【図7】本発明の第三実施形態を示す概略図である。

【図8】従来の露光装置を示す概略図である。

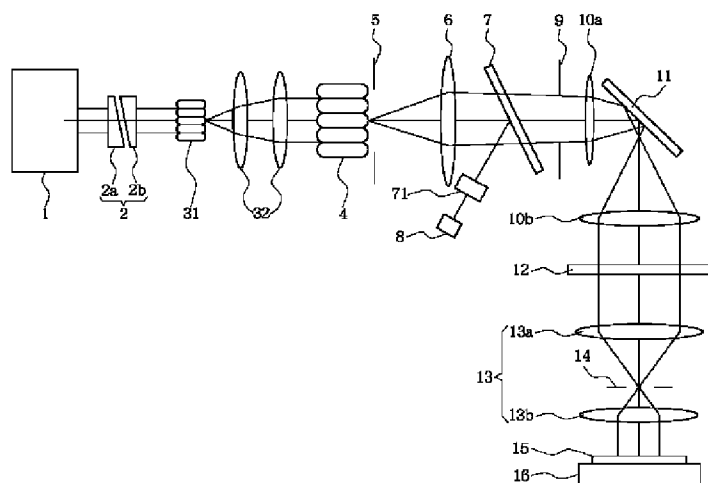
【図9】図8中の $\lambda/4$ 板の機能を示す説明図である。

【図10】フライアイレンズの組立工程を示す図である。

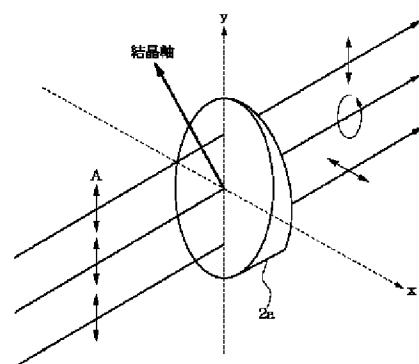
【符号の説明】

- 1 エキシマレーザ
- 2 a 偏光解消板
- 4 オプティカルインテグレータ
- 7 ビームスプリッタ
- 8 光量検出手段
- 11 折り曲げミラー
- 31 オプティカルインテグレータ

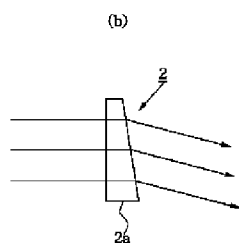
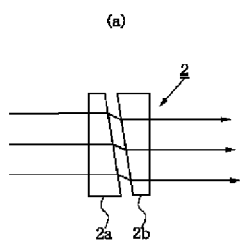
【図1】



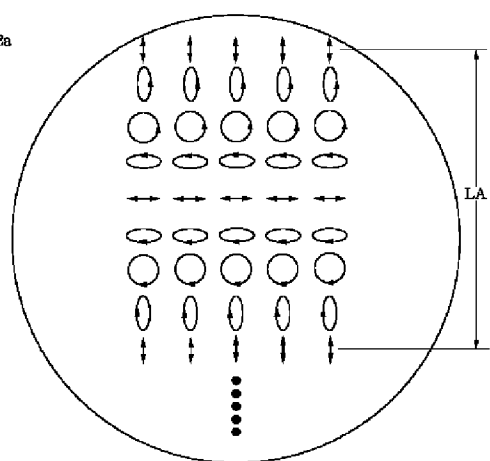
【図3】



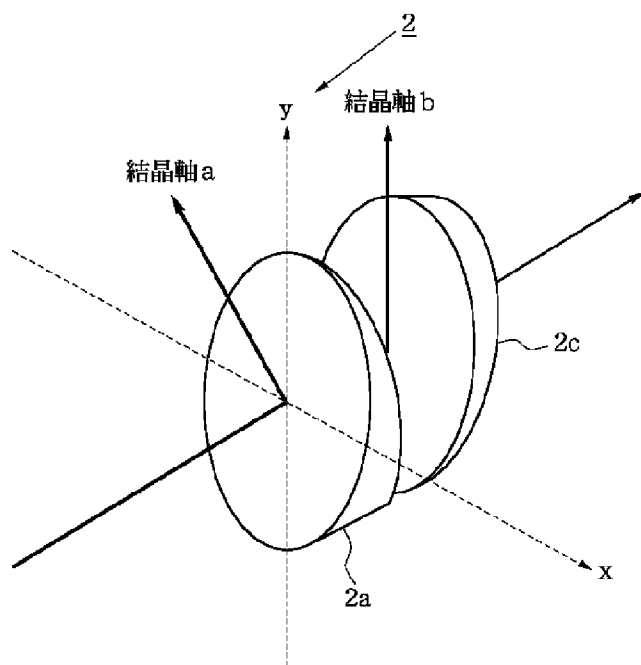
【図2】



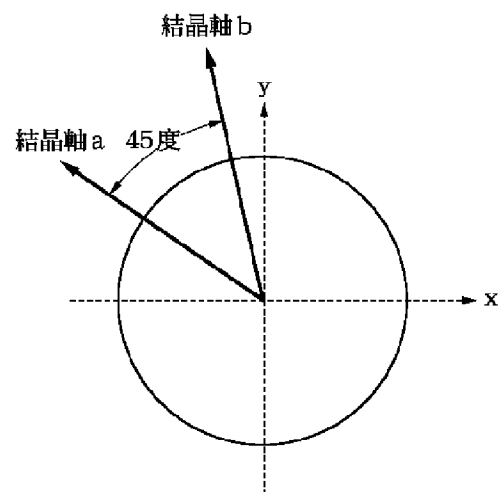
【図4】



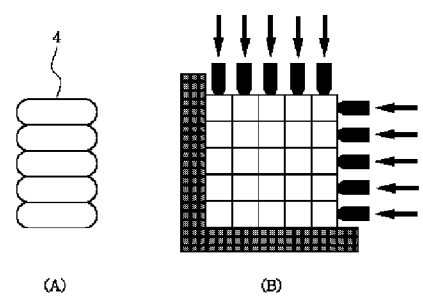
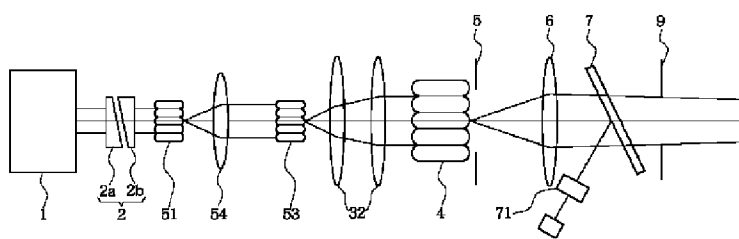
【図5】



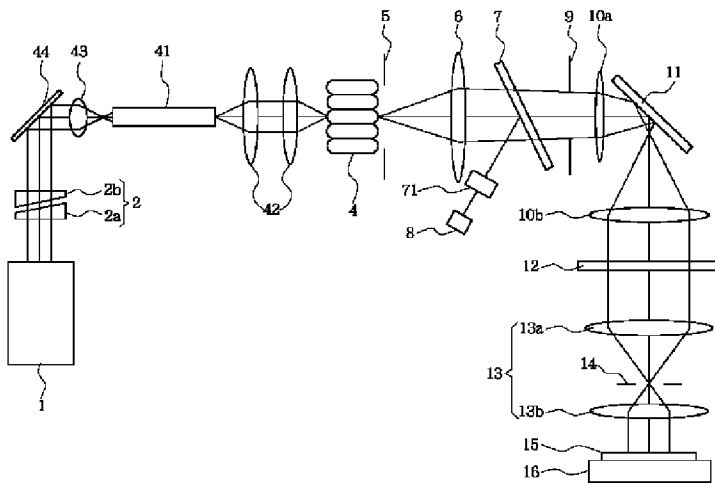
【図7】



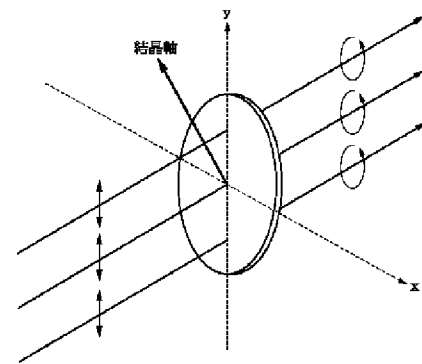
【図10】



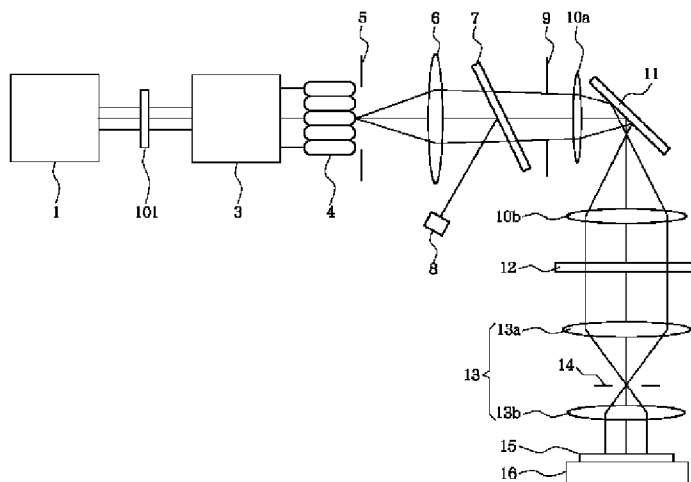
【図6】



【図9】



【図8】



【手続補正書】

【提出日】平成13年3月1日(2001.3.1)

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0016

【補正方法】変更

【補正内容】

【0016】また、各棒状レンズの入射面はウエハ面15と光学的に共役である。各棒状レンズの中で複屈折性が違うため、ガラス板7やミラー11の偏光透過率特性により、照度ムラが発生してしまうという問題もある。また露光に伴ってレーザー光の偏光状態や棒状レンズ及び各光学系の複屈折性が変動した場合、発生する照度ムラも変わってしまうという問題もある。これらの問題は入

射光のかわりに単純に偏光解消板を用いただけの場合でも、依然残ってしまう。

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0051

【補正方法】変更

【補正内容】

【0051】エキシマレーザー1が発振波長157nmのF2エキシマレーザーの場合は、光学系をヘリウムの雰囲気中に置くことで、レーザー光の強度の減衰を防止する。

【手続補正3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0060

【補正方法】変更

【補正内容】

【0060】ロッド型インテグレータ41に入射したレーザー光は、ロッド型インテグレータ41の内面（ガラス棒の場合は側面が該当）により反射しなかった光と多重反射を受けた複数の光と成ってロッド型インテグレータ41の光出射面上に重なり合って到達するので、この光出射面の光強度分布は均一に成る。また、光出射面上に重なり合って到達する複数の光は、偏光解消ユニット2からの偏光解消されたレーザー光の波面が分割されて生じた光群であるから、ロッド型インテグレータ41の光出射面に互いに偏光状態が異なる複数の光が重なり合うこ

とになり、実質的に無偏光状態が得られる。

【手続補正4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0073

【補正方法】変更

【補正内容】

【0073】また、以上の各実施形態や変形例において偏光解消ユニット2の代わりに直線偏光レーザー光を円偏光や楕円偏光に変換する $\lambda/4$ 板などを持つ偏光変換ユニットを用いても、レーザー光の偏光状態の変動に起因する問題が従来よりも軽減できる。